

## Ambientes Virtuales de Aprendizaje construidos socialmente con Herramientas de Autor de GeoGebra

Socially constructed Virtual Learning Environments with GeoGebra Authoring Tools

Ambientes virtuais da aprendizagem construída socialmente com ferramentas de Autor de Geo Gebra

Sergio Rubio-Pizzorno

Centro de Investigación y de Estudios Avanzados  
Ciudad de México, México  
sergio.rubio@cinvestav.mx

 <https://orcid.org/0000-0003-3624-1829>

Gisela Montiel-Espinosa

Centro de Investigación y de Estudios Avanzados  
Ciudad de México, México  
gmontiele@cinvestav.mx

 <https://orcid.org/0000-0003-1670-9172>

Recibido - Received - Recebido: 25 / 02 / 2021 Corregido - Revised - Revisado: 30 / 04 / 2021 Aceptado - Accepted - Aprovado: 19 / 05 / 2021

DOI: <https://doi.org/10.22458/ie.v23i34.3432>

URL: <https://revistas.uned.ac.cr/index.php/innovaciones/article/view/3432>

**Resumen:** A GeoGebra principalmente se le conoce por su software, el cual permite explorar y trabajar de manera dinámica e interactiva con diferentes áreas de las matemáticas, tal como: geometría, cálculo, álgebra, entre otros. No obstante, GeoGebra también representa un conjunto de herramientas para la creación y la gestión de recursos educativos en ambientes digitales, las cuales se denominan Herramientas de Autor, a saber: Actividad, Libro, Grupo, Notas y *Classroom*.

En este artículo se presenta un análisis sobre la construcción social de la tecnología digital, lo cual permite mostrar cómo estas herramientas se construyen socialmente, en tanto surge una interacción entre las diferentes interpretaciones sobre la tecnología que manifiestan los grupos sociales relevantes que la construyen.

Con base en el análisis apuntado en el párrafo anterior, resulta posible mostrar que las herramientas de autor de GeoGebra se integran y articulan para configurar un Ambiente Virtual de Aprendizaje construido socialmente por su comunidad, el cual perfila un enfoque educativo que busca impulsar la Educación Abierta, con base en los Recursos Educativos Abiertos. A modo de ilustración, se presenta el ejemplo de un recurso educativo abierto sobre construcciones geométricas, –elaborado con las herramientas de autor de GeoGebra– y permite una interacción en línea y sincrónica entre profesorado y estudiantado, para el desarrollo de tareas geométricas, tales como construcción, exploración y conjetura.

**Palabras claves:** Ambientes virtuales de aprendizaje, herramientas de autor, recursos educativos abiertos, GeoGebra, construcción social de la tecnología, matemáticas

**Summary:** GeoGebra is mainly known for its software, which allows one to explore and work in a dynamic and interactive way with different areas of mathematics, such as: geometry, calculus, algebra, among others. However, GeoGebra also represents a set of tools for the creation and management of educational resources in digital environments, which are called Authoring Tools, namely: Activity, Book, Group, Notes and Classroom. This article presents an analysis of the social construction of digital technology, which allows us to show how these tools are socially constructed, as there is an interaction between the different interpretations of the technology manifested by the relevant social groups that construct it. Based on the analysis pointed out in the previous paragraph, it is possible to show that GeoGebra's authoring tools are integrated and articulated to configure a Virtual Learning Environment built socially by its community, which outlines an educational approach that

seeks to promote Open Education, based on Open Educational Resources. By way of illustration, the example of an open educational resource on geometric constructions is presented, –made with the authoring tools of GeoGebra– and allows an online and synchronous interaction between teachers and students, for the development of geometric tasks, such as construction, exploration and conjecture.

**Keywords:** Virtual learning environments, authoring tools, open educational resources, GeoGebra, social construction of technology, mathematics

**Resumo:** A GeoGebra é principalmente conhecida pelo software que permite explorar e trabalhar de maneira dinâmica e interativa com diferentes áreas matemáticas, tais como: geometria, cálculo, álgebra, entre outras. Inobstante, GeoGebra também representa um conjunto de ferramentas para a criação e gestão de recursos educativos em ambientes digitais as quais são conhecidas como Ferramentas de Autor, a saber: Atividade, Livro, Grupo, Notas e *Classroom*. Neste artigo é apresentada uma análise sobre a construção social da tecnologia digital. Isso permite mostrar como é que estas ferramentas são construídas socialmente, sempre que houver uma interação entre as diferentes interpretações sobre a tecnologia que manifestam os grupos sociais relevantes que a constroem. Embasados na análise referida no parágrafo anterior é possível mostrar que as ferramentas de autor da GeoGebra se integram e articulam para configurar um Ambiente Virtual de aprendizagem construída socialmente pela comunidade que a compõe, aprimorando assim uma abordagem educativa que visa impulsionar a Educação Aberta, com base nos Recursos Educacionais Abertos. Com a finalidade de ilustrar esta proposta, apresentamos o exemplo de um recurso educacional aberto sobre construções geométrica, - elaborado com as ferramentas de autor da GeoGebra- a qual permite uma interação online e sincrónica entre docentes e discentes para o desenvolvimento de tarefas geométricas, tais como construção, exploração e conjectura.

**Palavras chave:** Ambientes virtuais de aprendizado, ferramentas de autor, recursos educacionais abertos, GeoGebra, construção social da tecnologia, matemáticas

## INTRODUCCIÓN

Hablar de *ambientes de aprendizaje* permite referirse a escenarios diversos, en los cuales las interacciones entre actores y la de estos con su medio cumplen una función formativa y socializadora. Gracias a esta diversidad podemos identificar dichos ambientes dentro y fuera de la escuela, con el fin de atender a las necesidades propias del colectivo que los configura.

Lo mismo sucede al referirse a los *ambientes virtuales de aprendizaje (AVA)* aunque, naturalmente, ahora se alude a un medio particular: internet. Por ello, algunas caracterizaciones de los AVA incluyen los recursos tecnológicos de los que se vale el ambiente para llevar a cabo sus objetivos, por ejemplo, Mueller y Strohmeier (2011) consideran que:

Un ambiente virtual de aprendizaje puede entenderse como un sistema de información electrónico para el pleno apoyo administrativo y didáctico de los procesos de aprendizaje en los entornos de la educación (superior) y de la formación profesional, proporcionando a los alumnos los recursos de aprendizaje adecuados para desarrollar sistemáticamente las cualificaciones previstas (p. 2505).

O, simplemente se caracterizan y distinguen, como hacen Mikropoulos y Natsis (2011), por el medio en sí y las interacciones didácticas que ahí surjan:

Un Entorno Virtual de Aprendizaje puede definirse como un entorno virtual que se basa en un determinado modelo pedagógico, incorpora o implica uno o más objetivos didácticos, proporciona a los usuarios experiencias que de otro modo no podrían experimentar en el mundo físico y redundan en resultados de aprendizaje específicos (p. 770).

Ambas caracterizaciones, enmarcadas en estudios de revisión, tienen en común referirse a AVA propios de la educación (a distancia) en línea integrados en *sistemas de gestión del aprendizaje (learning management systems)*, como Moodle, Docebo o Canvas), que en su mayoría respondieron a las necesidades educativas de países (en la creación de universidades abiertas o a distancia), o bien, instituciones (para

ampliar modalidades y oferta educativa, así como matrícula). De hecho, para muchos autores los términos *sistemas de gestión del aprendizaje* y *ambientes virtuales de aprendizaje* fueron utilizados como sinónimos (Keller, 2005).

Derivado de la concepción de los AVA se dio una amplia gama de estudios sobre los diversos fenómenos alrededor de esta modalidad educativa (Álvarez y Álvarez, 2012; Clark y Rosa, 2018; Farías y Montoya, 2009; Lamerás, Levy, Paraskakis y Webber, 2012; Pesare, Roselli, Rossano y Di Bitonto, 2015; Urquidi, Calabor y Tamarit, 2019; entre muchos otros); sin embargo, en la práctica se comenzaron a crear y usar diversos recursos y ambientes de aprendizaje sin las estructuras (sistemas de gestión del aprendizaje), las normas y los modelos pedagógicos preestablecidos de una institución.

Lo anterior se da para cumplir también con una función formativa y socializadora, pero principalmente para atender a las *necesidades mismas de la comunidad donde eran creados*. De tal suerte que es posible encontrar investigaciones que reportan experiencias en AVA que no hacen referencia a sistemas de gestión del aprendizaje, sino a ambientes que utilizan recursos digitales y atienden objetivos específicos.

Lo anterior generó nuevas caracterizaciones de los AVA, por ejemplo, Shin, Bioca y Choo (2013) estudiaron la valoración de los estudiantes a una experiencia universitaria de trabajo con un *ambiente virtual de aprendizaje en 3D* (3DVLEs, por sus siglas en inglés), que describen como un sistema conectado y multi-modal, altamente interactivo y de inmersión.

Para ilustrar lo anterior mencionado, al utilizar la tecnología 3D se construye la experiencia de aprendizaje 3D con la participación de profesores y estudiantes, mediada por avatares, lo cual permite una interacción única con los contenidos y las personas, debido a la sensación de estar realmente en el escenario educativo. En una reciente revisión sobre 3DVLE, Reisoğlu, Topu, Yılmaz, Karakuş y Göktaş (2017) identificaron que los temas más estudiados en estos ambientes han sido lenguas y ciencias, lo cual podría dar indicios de las necesidades que se están atendiendo gracias a las oportunidades de comunicación, interacción e interactividad de esta tecnología digital.

En una dirección muy similar, Peterson-Ahmad, Pemberton y Hovey (2018), parten del planteamiento de un AVA como una combinación de dos mundos: uno real y uno virtual, para proporcionar a sus participantes un sentido de presencia en el ambiente virtual y estudian cómo estos pueden dar soporte a la formación docente. La particularidad del ambiente construido es que fomenta la inmersión con avatares para vivir situaciones escolares realistas en interacción con diversos actores educativos: estudiantado, profesorado, madres y padres de familia, entre otros.

Todas las formas de caracterizar esta diversidad de AVA se aceptan en la comunidad académica, en tanto cumplen una función formativa y socializadora en un entorno digital (internet), cada una relativa a sus proyectos educativos. Lo notable es reconocer que tanto ambientes como caracterizaciones seguirán evolucionando conforme a los cambios tecnológicos y sus repercusiones en la comunicación, la interacción y la colaboración social.

En ese sentido, la importancia de este artículo radica en la posibilidad de mostrar la manera en que una comunidad educativa abierta (Rubio-Pizzorno, 2020) construye socialmente un AVA, con el fin de atender las necesidades específicas de sus miembros y la comunidad en sí. Para ello nos centramos en el caso de la Comunidad GeoGebra, la cual ha desarrollado una serie de herramientas y ambientes digitales para la creación de materiales educativos.

De esta manera, el objetivo del artículo es mostrar el proceso de construcción social de las herramientas de autor de GeoGebra, las cuales configuran un AVA con características de formación y socialización particulares. Así también, mostrar la manera en que la construcción de esta AVA incide en el perfilamiento de un enfoque educativo que busca impulsar la Educación Abierta, así como la transformación tecnológica de GeoGebra de un software a un AVA.

## FUNDAMENTO TEÓRICO: CONSTRUCCIÓN SOCIAL DE GEOGEBRA

Para fundamentar el estudio de los ambientes virtuales de aprendizaje que dispone GeoGebra, en esta sección se presenta una explicación antropológica-sociológica de la manera en que la Comunidad GeoGebra ha construido tecnología digital. Esto permite identificar la motivación por construir tecnologías que atiendan las necesidades del profesorado en general (no solo de matemáticas, como lo fue inicialmente), lo cual está ligado con su propósito comunitario actual.

Rubio-Pizzorno (2018) propone un modelo de construcción social de la tecnología digital que se centra en el estudio de las comunidades abiertas que construyen o desarrollan tecnología digital, como Moodle, Wikipedia, GeoGebra, *Creative Commons*, pues las asume como representantes de la manera de construir tecnología, la cual es propia de los cambios sociales y culturales propiciados en la Era Digital.

El modelo se basa en las explicaciones antropológicas de la teoría *Social Construction of Technology* (Bijker, 1995; Bijker, 2010; Klein y Kleinman, 2002; Pinch, 2015; Santos y Díaz Cruz, 2015), sobre la relación constituyente entre tecnología y cultura, así como en descripciones sociológicas de la cultura digital (Castells, 1999; Contreras, 2003). La intención del modelo es explicar el funcionamiento general de la estructura social característica de las comunidades abiertas, es decir, la inteligencia-red, cuando el propósito comunitario está relacionado con la generación y el desarrollo de conocimiento.

El modelo de construcción social de la tecnología digital se desarrolla en tres niveles de estudio:

1. Identificación de los grupos sociales relevantes y la flexibilidad interpretativa de la tecnología digital.
  - 1.1. Se comprende que “los grupos sociales son relevantes para describir un artefacto cuando ellos atribuyen explícitamente un significado a tal artefacto” (Bijker, 2010, p. 68).
  - 1.2. En cuanto a la flexibilidad interpretativa, se refiere a que “significados radicalmente diferentes de un artefacto podrían ser identificados por distintos grupos sociales” (Pinch, 2015, p. 25). De esta forma, “la descripción de un artefacto a los ojos de diferentes grupos sociales relevantes producen diferentes descripciones –y, por lo tanto, diferentes artefactos– (...), [es decir], no hay un artefacto, sino muchos” (Bijker, 2010, p. 68).
2. Descripción del proceso de desarrollo de la tecnología, en términos de la manera en que sus diferentes interpretaciones se relacionan e interactúan.
3. Explicación e interpretación del marco tecnológico:

El marco tecnológico se refiere a la dialéctica técnico-social que permite explicar cómo se construye socialmente la tecnología digital, a través de estudiar la forma en que la tecnología es moldeada socialmente, a la vez que la sociedad es moldeada tecnológicamente (Bijker, 1995), empleando la estructura social en red como marco explicativo de esta dialéctica (Rubio-Pizzorno, 2018, p. 43).

Con base en estas ideas, Rubio-Pizzorno (2018) estudia la Comunidad GeoGebra para explicar la construcción social de GeoGebra, y se centra específicamente en el estudio de la construcción del software de matemáticas dinámicas. Como resultado, se obtiene que dicho software se moldea socialmente al ser desarrollado como una tecnología libre, a la vez que la Comunidad GeoGebra se moldea a nivel tecnológico por su interacción social y la manera en que se articula, así contribuye al desarrollo de la educación matemática desde una perspectiva abierta, tanto a nivel local como global (Rubio-Pizzorno, 2018).

Un aspecto a destacar del modelo de construcción social de la tecnología digital es que considera a las tecnologías construidas por comunidades abiertas, donde la finalidad de las interacciones de sus integrantes

“no es la construcción de un objeto determinado como fin en sí mismo, sino la resolución de un problema [o atender a necesidades] que la comunidad considera importante” (Contreras, 2003, p. 137). De esta manera, se reconoce que tales comunidades pueden construir diversos tipos de conocimientos o tecnologías, mediante el proceso de atender las necesidades de sus miembros y la misma comunidad.

A raíz de esta característica, la Comunidad GeoGebra también ha construido un conjunto de Herramientas de Autor, las cuales –en términos generales– corresponden a sistemas de creación de contenido que “tienen como objetivo hacer más eficiente la creación de productos educativos y contenidos de *e-learning* (...), [los cuales pueden ir] desde activos individuales, pasando por componentes de cursos, hasta diseños instruccionales completos” (Specht, 2012, p. 1111). Así también, están orientadas al usuario final, para crear contenido educativo digital sin la necesidad de contar con apoyo técnico constante.

De esta manera, en el presente artículo se aborda el estudio de la construcción social de las Herramientas de Autor de GeoGebra, lo cual permita dar cuenta de la evolución de GeoGebra de un software de matemáticas dinámicas a un AVA construido socialmente, así como sus implicaciones educativas.

## Construcción social de las Herramientas de Autor de GeoGebra

Como se mencionó en el apartado anterior, en el estudio de la construcción social de GeoGebra que realiza Rubio-Pizzorno (2018), el componente técnico del modelo se centra únicamente en el desarrollo del software, pues este representa la tecnología digital que da nacimiento a su comunidad. En sus inicios, la palabra *GeoGebra* se usaba solo para nombrar el software, que en ese momento estaba orientado al estudio de la geometría analítica de manera dinámica e interrelacionada. De ahí que el nombre se forme como una composición de las palabras en alemán *Geometrie* y *Algebra* (Hohenwarter, 2002), que coincide con el español **GEO**metría + **álGEBRA**. A propósito de su desarrollo, en la actualidad se le considera un software de matemáticas dinámicas (GeoGebra Team, 2019b), debido a la posibilidad de abordar diversas áreas de las matemáticas con él, tales como: geometría plana y del espacio, cálculo diferencial e integral, probabilidad, estadística, álgebra, entre otras. No obstante, el término ha trascendido al software gracias a la creación de sus herramientas de autor.

Para estudiar la construcción social de las herramientas de autor de GeoGebra, a continuación, se emplea el modelo expuesto en el apartado anterior, con el propósito de dar cuenta de sus aspectos sociales, técnicos y la manera en que se relacionan para en el desarrollo de la tecnología.

### ***Nivel 1: grupos sociales relevantes y flexibilidad interpretativa***

En cuanto a los *grupos sociales relevantes*, si bien son varios los que intervienen en el desarrollo de las tecnologías de GeoGebra, Bijker (2010) menciona que es necesario “decidir cuáles grupos son importantes para incluirlos en [el estudio], y cuáles grupos solo ofuscan la imagen añadiendo detalles inútiles” (p. 70). De esta manera, en el presente artículo se consideran dos grupos sociales relevantes, los cuales permiten evidenciar la interacción entre las interpretaciones técnicas y educativas de las herramientas de autor, a saber, el equipo central de GeoGebra y los contribuyentes, cuya descripción se toma de Rubio-Pizzorno (2018):

- **Equipo central:** grupo constituido de los miembros con roles administrativos de la Comunidad, como el CEO o [los desarrolladores] del software.
- **Contribuyentes:** conjunto de entusiastas de las matemáticas que elaboran diseños [educativos] con GeoGebra y los comparten de manera libre y abierta para toda la comunidad, a través de la plataforma web (Rubio-Pizzorno, 2018, p. 55).

En cuanto a la *flexibilidad interpretativa* de las herramientas de autor, en Rubio-Pizzorno (2021a) se presenta el desarrollo cronológico de las herramientas de manera detallada, lo cual da evidencia sobre las diferentes interpretaciones de los dos grupos respecto a estas tecnologías, con base en lo cual, en las Tablas 1 y 2 se muestran los resúmenes de las diversas interpretaciones de las herramientas de autor de GeoGebra a lo largo de su desarrollo, a la luz de las evidencias encontradas en el estudio.

**TABLA 1**  
Interpretaciones de la Actividad y Repositorio GeoGebra

Interpretaciones del Equipo GeoGebra					
Herramienta	V1	V2	V3	V4	V5
Actividad	Herramienta para crear materiales digitales interactivos para matemáticas	Herramienta para crear materiales digitales interactivos y abiertos para matemáticas	Herramienta de autor en línea para la creación de materiales abiertos	Parte del conjunto de herramientas de autor para la creación de materiales abiertos	Base para la creación de actividades interactivas abiertas, tanto asincrónica como sincrónicamente
Repositorio	Wiki sobre los contenidos curriculares de matemáticas	Conjunto de materiales instruccionales de matemáticas creados por personas de todo el mundo	Primera articulación de todas las herramientas de autor en el mismo sitio web		
Interpretaciones de los Contribuyentes					
Actividad	-	Prototipo de herramienta de autor en línea para materiales de matemáticas	Herramienta de autor en línea	Herramienta para la creación de materiales de cualquier tema	Herramienta para crear materiales de temas matemáticos y no matemáticos, así como una pizarra digital para la interacción en tiempo real
Repositorio	Espacio para construir materiales educativos de matemáticas con GeoGebra	Lugar comunitario para compartir de manera abierta sus materiales de matemáticas creados con GeoGebra	Repositorio de recursos de temas matemáticos (principalmente) y no matemáticos, accesibles de manera abierta y masiva		

Fuente: Rubio-Pizzorno (2021a).

**TABLA 2**  
Interpretaciones del Libro, Grupo, Notas y Classroom

Interpretaciones del Equipo GeoGebra				
Libro	Grupo	Notas	Classroom	
Colección de Actividades y página web	Espacio de trabajo colaborativo en el cual se comparten materiales educativos de temas matemáticos y no matemáticos	Una herramienta más que se suma al conjunto de herramientas de autor, que permite integrar archivos de diferentes formatos en un único lienzo tipo pizarra	Una herramienta más que se suma al conjunto de herramientas de autor, para la interacción asincrónica o sincrónica	
Interpretaciones de los Contribuyentes				
Libro de texto personal	Aula virtual para la interacción asincrónica con el estudiantado y para evaluar su desempeño en temas matemáticos y no matemáticos	Pizarra digital abierta para la creación de lecciones interactivas de temas matemáticos y no matemáticos	Pizarra digital abierta para la creación de lecciones interactivas de temas matemáticos y no matemáticos	

Fuente: Rubio-Pizzorno (2021a).

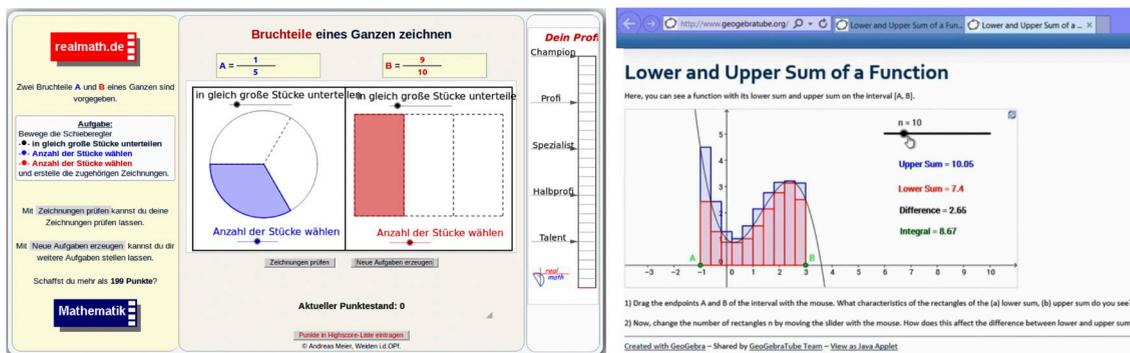
## Nivel 2: desarrollo de las herramientas de autor

Con base en los resultados del nivel 1 de estudio, se presenta la descripción del proceso de *desarrollo de las herramientas de autor de GeoGebra*, para ello se considera la manera en que se relacionan e interactúan las diferentes interpretaciones respecto a ellas por parte del Equipo GeoGebra y los Contribuyentes.

En primer lugar, se reconoce a la Actividad como la más representativa del conjunto de herramientas de autor de GeoGebra, pues simboliza el tránsito de las consideraciones primordialmente técnicas a las educativas en el diseño de esta tecnología. En su primera versión, la Actividad requería de conocimientos técnicos avanzados (software GeoGebra, HTML y JavaScript) por parte de los usuarios para que pudieran crear sus materiales, requisito que fue disminuyendo paulatinamente en las siguientes versiones gracias a los desarrollos técnicos realizados por el Equipo GeoGebra, lo cual le ofrece la posibilidad a los Contribuyentes de preocuparse principalmente de los aspectos educativos al elaborar sus materiales con Actividades GeoGebra.

A modo de ilustración del cambio de la Actividad, en la Figura 1 se observan ejemplos de sus primeras dos versiones, en la cual se aprecia el desafío técnico que implicaba la primera versión y la rigidez en la estructura del material de la segunda.

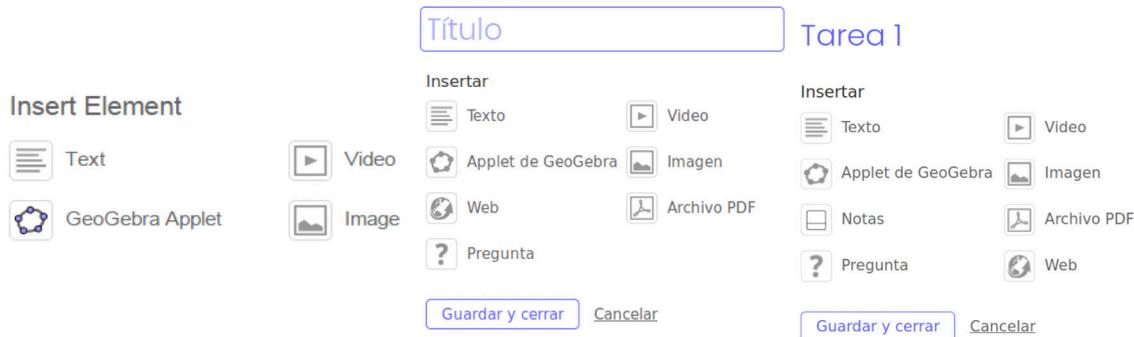
Figura 1. Versión 1 y 2 de la Actividad GeoGebra



Fuente: versión 1 (izquierda) de <http://www.realmath.de/Neues/Klasse6/bruchteil/brucherstellen.html> citado en Hohenwarter (2006). Versión 2 (derecha) de (GeoGebra, 2014).

En la Figura 2, se muestran los diferentes formatos de archivos que se pueden incorporar a la Actividad, los cuales han ido en aumento a través de las sucesivas versiones.

Figura 2. Versión 3, 4 y 5 de la Actividad GeoGebra



Fuente: versión 3 (izquierda) de GeoGebra Manual (2015). Versión 4 (centro) de GeoGebra Team (2019a). Versión 5 (derecha) de Comunidad GeoGebra Latinoamericana (2021).

La independencia de los aspectos técnicos para elaborar materiales educativos es uno de los requisitos para constituirse en herramientas de autor (Specht, 2012). Es recién en 2015, cuando en la Actividad –11 años después de su creación– se priorizan los aspectos educativos por sobre los técnicos en el diseño de materiales, lo cual sumado al lanzamiento del Libro y el Grupo, permite considerarlas en conjunto como herramientas de autor propiamente tal.

Los temas a tratar en los materiales creados con las herramientas de autor, transitaron de los netamente matemáticos a temas en general. Esto se debe a la incorporación sucesiva de diferentes formatos de archivos que se pueden añadir a la Actividad (Figura 2), lo cual representa un logro técnico del Equipo GeoGebra. Gracias a esto, desde la versión tres de la Actividad fue posible crear materiales en los cuales no era obligatorio incluir un *applet* GeoGebra, formato que generalmente representa al contenido matemático, lo que permitió a los Contribuyentes crear materiales de ciencias (Lew, 2015b), física (Enrique, 2017), ingeniería (Lieban, 2015), *STEAM* (Aguilar, 2020), química (Lew, 2015a), entre otros.

En 2016 comienza una etapa en que todas las herramientas de autor se pueden utilizar de manera articulada, por ejemplo, al crear Actividades y Libros (Figura 3 - izquierda) para ser integrados en un Grupo (Figura 3 - derecha), lo cual propicia la interacción educativa entre profesorado y estudiantado en espacios digitales, para la enseñanza, el aprendizaje y la evaluación de forma asincrónica. Además, en la tercera versión del Repositorio, se cristaliza el espacio digital para la articulación de estas herramientas, en el cual convergen todas ellas y se albergan los materiales creados por el Equipo GeoGebra y, principalmente, por los Contribuyentes. Esto ha decantado en la creación de más de un millón de materiales para el año 2017 (GeoGebra, 2017).

Figura 3. Actividades incorporadas a Libro y Grupo GeoGebra



Fuente: Libro (izquierda) de Rubio-Pizzorno (2016). Grupo (derecha) elaboración propia.

El Equipo GeoGebra creó *Classroom* en 2020, y, con ello, la interacción propiciada por las herramientas de autor se amplía con la sincrónica. En ese sentido, elegir una interacción asincrónica o sincrónica, entre profesorado y estudiantado, depende de las decisiones educativas de los Contribuyentes a la hora de crear los materiales.

Un aspecto relevante en el desarrollo de las herramientas de autor de GeoGebra, corresponde al carácter abierto de todos los materiales creados con ellas, lo cual es una constante y está presente en cada herramienta y sus versiones. Esto es posible gracias a que desde la primera versión del Repositorio se ha declarado que todos los materiales construidos con las herramientas de autor de GeoGebra cuentan con una licencia *Creative Commons*. Esto permite copiar, distribuir, mostrar y crear obras derivadas, de cualquier material creado con las herramientas de autor, siempre y cuando se dé crédito a la autora o el autor original de la obra y se haga un uso no comercial (GeoGebraWiki, 2015).

En el ámbito educativo, a los materiales con este carácter abierto se les denomina *recursos educativos abiertos* o simplemente REA, como se les conoce por sus siglas, los cuales son definidos por la UNESCO (Butcher, Kanwar y Uvalic-Trumbic, 2015) como:

Cualquier recurso educativo (incluso mapas curriculares, materiales de curso, libros de estudio, streaming de videos, aplicaciones multimedia, podcasts y cualquier material que haya sido diseñado para la enseñanza y el aprendizaje) que esté plenamente disponible para ser usado por educadores y estudiantes, sin que haya necesidad de pagar regalías o derechos de licencia (p. 5).

De esta manera, y sin pérdida de precisión, se puede declarar que los materiales creados con las herramientas de autor de GeoGebra corresponden a recursos educativos abiertos.

A modo de cierre del nivel 2 de estudio, en el cual se ha dado cuenta de su desarrollo a partir de la negociación entre las interpretaciones de ambos grupos sociales relevantes, es posible declarar que las herramientas de autor de GeoGebra corresponden a un AVA construido socialmente por su Comunidad. Esto, puesto que cumple una función formativa y socializadora, características de los AVA que se destacan en la introducción del artículo.

En cuanto a su función formativa, las herramientas de autor de GeoGebra permiten crear REA para la instrucción o evaluación de cualquier tema (aunque principalmente de matemáticas), los cuales propician una interacción sincrónica o asincrónica entre profesorado y estudiantado.

En cuanto a su función socializadora, las herramientas de autor de GeoGebra permiten compartir, difundir y crear REA –por medio de su Repositorio–, los cuales se crean, almacenan y clasifican para propiciar la práctica educativa de curaduría de recursos educativos. Esta práctica educativa incorpora los procesos de selección, adaptación, mezcla y refinamiento de REA, para un uso instruccional (Beagrie, 2006; Deschaine y Sharma, 2015; Mendoza Pescador, 2017; Yakel, 2007).

### **Nivel 3: marco tecnológico**

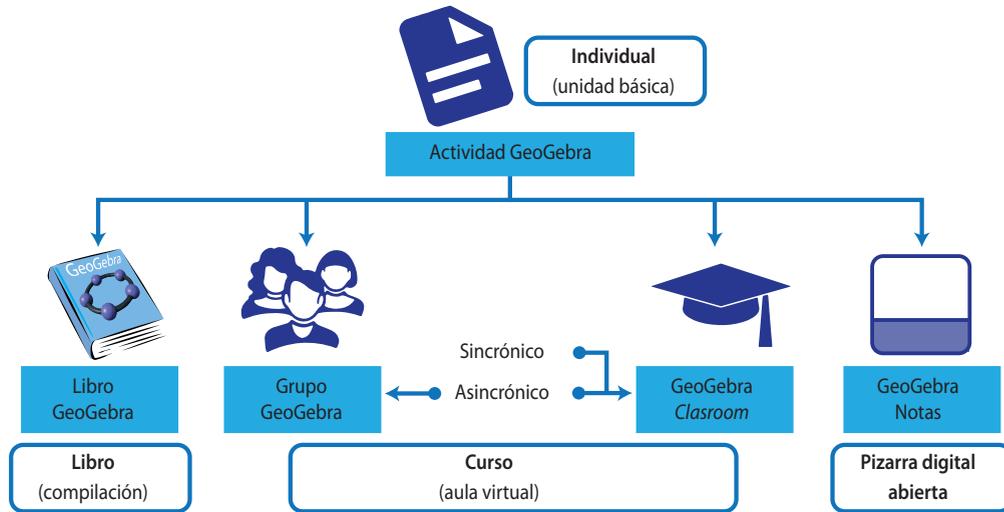
En términos generales, con el marco tecnológico se pretende lograr “un vínculo entre la amplísima sociedad en la cual se encuentra inmersa la tecnología y su trayectoria de desarrollo” (Pinch, 2015, p. 27). Es decir, pasar de explicaciones de un nivel local a otro social de desarrollo de la tecnología. Esto se realiza con base en los resultados de los niveles anteriores y con la guía de las preguntas sobre cómo se moldea tecnológicamente la sociedad y cómo se moldea socialmente la tecnología.

Por una parte, y a la luz del estudio sobre la construcción social de las herramientas de autor de GeoGebra desarrollado en este artículo, se da cuenta de la influencia que los REA ejercen en la configuración de la Comunidad GeoGebra, la cual ha comenzado a configurar un enfoque educativo con base en los diferentes tipos de REA que se elaboran en su AVA.

En cuanto a los tipos de REA, Willey, Bliss y McEwen (2014) mencionan que se pueden clasificar según su estructura y formas de compartir. En primer lugar, indican que un REA puede ser compartido como un recurso individual, el cual se puede considerar como una unidad básica. En segundo lugar, se refieren a los que se estructuran y comparten como una compilación de ellos, por ejemplo: como un libro de texto abierto (*open textbook*). Y finalmente, mencionan los que se estructuran y comparten con un objetivo instruccional, como un curso abierto (*open courseware*).

Con base en estas ideas es posible identificar con claridad un enfoque educativo desarrollado por la Comunidad GeoGebra, el cual se centra en la creación, curación y gestión de REA por medio de su AVA. Este enfoque dispone de la Actividad como unidad básica de los REA, la cual se puede estructurar mediante la compilación de varias de ellas en un Libro, o estructurar un conjunto de Actividades con un sentido instruccional en un Grupo o un *Classroom*. De manera adicional a la propuesta de Willey, Bliss y McEwen (2014), el AVA de GeoGebra también permite elaborar recursos tipo pizarra con Notas, también con un sentido instruccional (ver Figura 4).

Figura 4. Enfoque educativo abierto de la Comunidad GeoGebra



Fuente: elaboración propia.

Con base en estas ideas es posible declarar que la Comunidad GeoGebra tecnológicamente se moldea por medio de los REA, al perfilar un enfoque educativo con base en el AVA de GeoGebra, para impulsar la Educación Abierta en términos amplios, no solo para matemáticas, sino para cualquier tema o asignatura.

Por otra parte, y a la luz del estudio sobre la construcción social de GeoGebra centrada en el software de matemáticas dinámicas realizado por Rubio-Pizzorno (2018), junto al estudio sobre la construcción social de las herramientas de autor de GeoGebra desarrollado en el presente artículo, es posible evidenciar una transformación/evolución de GeoGebra, de un software a un AVA.

Como se menciona al comienzo de este artículo, GeoGebra nació como un software para la enseñanza y el aprendizaje de la geometría analítica, y, gracias a los aportes de su Comunidad, ha evolucionado a un software de matemáticas dinámicas. Esta evolución se debe a que la mayoría de los usuarios de GeoGebra son afines a la educación matemática; no obstante, también se han ido sumando usuarios que están identificados con la Educación Abierta, quienes también han influido en el desarrollo de las tecnologías de GeoGebra, específicamente en el AVA conformado por sus herramientas de autor.

Cabe destacar que el software GeoGebra está completamente integrado al AVA, por ejemplo, como un formato de los archivos que se pueden incluir en la Actividad, el Grupo o las Notas. Además, el software es libre, por lo tanto, se articula a plenitud con la elaboración de REA usando las herramientas de autor de GeoGebra.

Con base en estas ideas es posible declarar que las tecnologías GeoGebra son moldeadas socialmente configurándolas de manera libre y abierta, en tanto el software es libre y los recursos educativos elaborados con el AVA son abiertos.

## SÍNTESIS Y REFLEXIONES FINALES

En la Introducción de este artículo se declara, con base en una revisión de literatura sobre los AVA, que todas las formas de entenderlos y estructurarlos son válidas en tanto cumplen una función formativa y socializadora en un entorno digital (internet), cada una relativa a sus proyectos educativos.

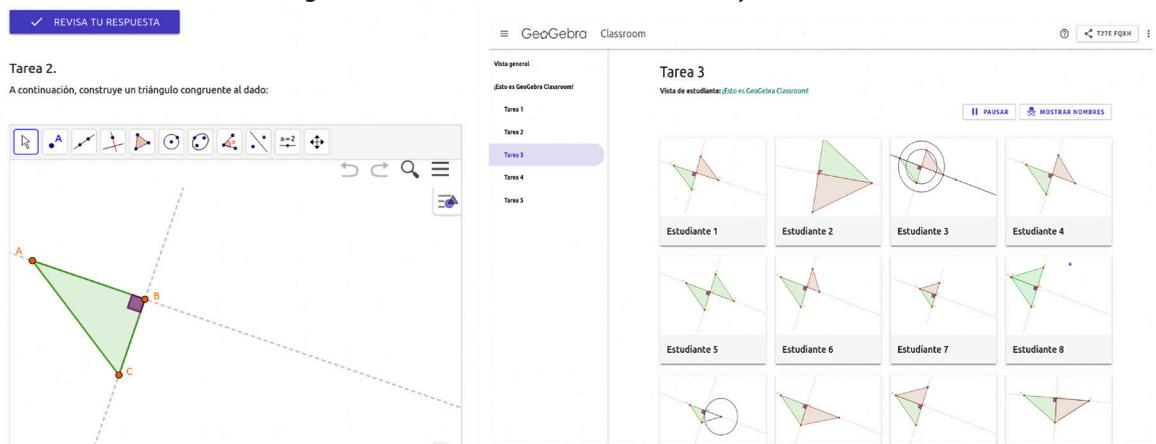
En la sección Fundamento teórico se muestra un caso específico de AVA construido socialmente por una comunidad educativa abierta, en la cual se reconocen sus funciones de crear y difundir REA mediante las herramientas de autor de GeoGebra, así como propiciar la práctica educativa de curaduría de recursos, llevada a cabo en el Repositorio de GeoGebra.

Estas características del AVA de GeoGebra influyen en el perfilamiento de un enfoque educativo basado en diferentes tipos de REA, para aportar a la Educación Abierta. Este resultado es importante, en tanto las posibilidades de desarrollo de recursos educativos para matemáticas se amplían, gracias a la completa articulación del software GeoGebra con las herramientas de autor. Así también, al extender el impacto del AVA de GeoGebra a otras comunidades educativas.

En el caso de la Educación Matemática, es posible aprovechar el potencial epistémico del software GeoGebra para explorar las matemáticas desde una perspectiva dinámica (Rubio-Pizzorno y Montiel, 2020). Todo esto gestionado con el AVA de GeoGebra para el trabajo en línea.

A continuación, un caso real a modo de ejemplo del uso matemático de AVA para actividades en línea: se elabora un REA a partir de una Actividad (Rubio-Pizzorno, 2021b), en la cual se incluye la tarea de construir –en el software GeoGebra incrustado– un triángulo congruente a uno dado (Figura 5 - izquierda). La intención de esta tarea es que el estudiantado pueda explorar diferentes formas de construir un triángulo congruente, usando las herramientas del software y la posibilidad de explorar la construcción geométrica gracias al arrastre (Arzarello et al., 2002).

Figura 5. Tarea de construcción en Actividad y Classroom

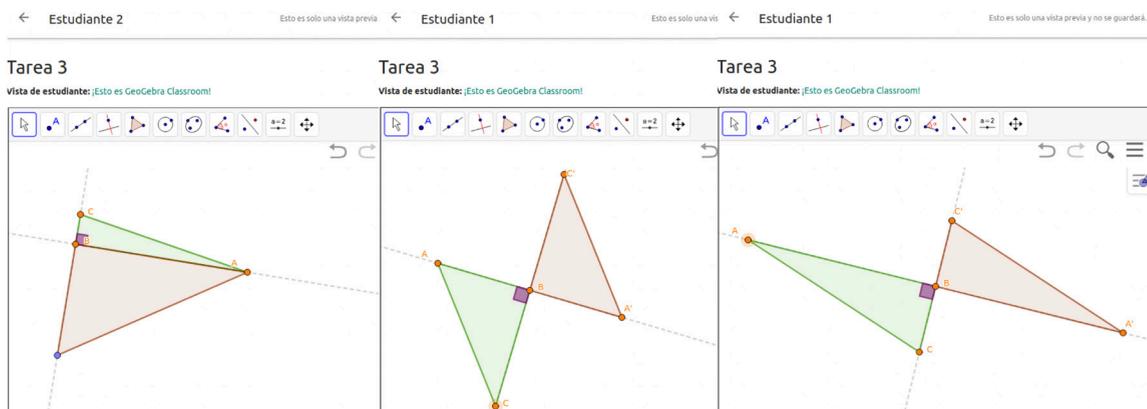


Fuente: Rubio-Pizzorno (2021b).

Al crear un Classroom a partir de la Actividad, el profesorado puede observar el trabajo de todos y cada uno de los miembros del estudiantado, en tiempo real (Figura 5 - derecha) y revisar sus desarrollos (Figura 6). Así también, puede revisar cada una de las tareas, las cuales puede modificar sin que se pierda el avance del estudiantado. Gracias a esto, se puede poner a prueba la construcción para evaluar la pertinencia del procedimiento utilizado; esto es: aplicar la prueba del arrastre (Arzarello et al., 2002).

En la Figura 6 - izquierda, se aprecia el resultado de aplicar la prueba del arrastre a la construcción del Estudiante 2, ahí se observa que la construcción no es congruente al triángulo dado. Incluso se puede conjeturar (Baccaglioni-Frank y Mariotti, 2010) que el problema es la construcción del punto  $C'$  sobre la recta, lo cual significa que el punto no guarda una relación de congruencia con su punto homólogo en el triángulo dado. En cambio, al aplicar la prueba del arrastre a la construcción del Estudiante 1, se observa que la relación de congruencia entre los dos triángulos es invariante, aunque se arrastren los vértices de los triángulos y estos cambien su forma (Figura 6 - centro y derecha).

Figura 6. Prueba del arrastre a tarea de Estudiante 1 y 2



Fuente: Rubio-Pizzorno (2021b).

En un contexto educativo más general, el AVA de GeoGebra se presenta como un espacio en el cual el profesorado de cualquier asignatura puede adquirir mayor autonomía en cuando a su dimensión de diseñador de recursos educativos, puesto que cuenta con completa libertad para elaborarlos según sus propios parámetros. En términos colectivos, el AVA de GeoGebra presenta la posibilidad de crear libros de textos abiertos, para abordar contenidos curriculares de los diferentes sistemas educativos oficiales, para representar una alternativa ante los materiales oficiales.

Al respecto, la Comunidad GeoGebra desarrolla un proyecto para elaborar libros de texto para el *Illustrative Mathematics Curriculum*, donde además de incluir los contenido oficiales, aprovechan la interacción por medio de *GeoGebra Classroom* para disponer de recursos que pueden ser usados directamente en clases junto al estudiantado (*GeoGebra Classroom Activities* y Hohenwarter, 2021).

Cerramos este artículo señalando su aporte al mostrar cómo usar el modelo de construcción social de la tecnología digital para analizar a una comunidad –la Comunidad GeoGebra–, lo cual puede servir de ejemplo para estudiar otras comunidades educativas abiertas o como directrices de desarrollo para comunidades incipientes.

## REFERENCIAS

- Aguilar, G. (2020). *My 10 min on STEAM Education Conference 2020 [Libro GeoGebra]*. <https://www.geogebra.org/m/c9rp37v7>
- Álvarez Cadavid, G. y Álvarez. G. (2012). Análisis de ambientes virtuales de aprendizaje desde una propuesta semiótico integral. *Revista Electrónica de Investigación Educativa*, 14(2):72-87. <https://redie.uabc.mx/redie/article/view/311>
- Arzarello, F., Olivero, F., Paola, D., y Robutti, O. (2002). A cognitive analysis of dragging practises in Cabri environments. *Zentralblatt Für Didaktik Der Mathematik*, 34(3):66-72. <https://doi.org/10.1007/BF02655708>
- Baccaglioni-Frank, A. E., y Mariotti, M. A. (2010). Generating Conjectures in Dynamic Geometry: The Maintaining Dragging Model. *International Journal of Computers for Mathematical Learning*, 15(3):225-253. <https://doi.org/10.1007/s10758-010-9169-3>
- Beagrie, N. (2006). Digital Curation for Science, Digital Libraries, and Individuals. *International Journal of Digital Curation*, 1(1):3-16. <https://doi.org/10.2218/ijdc.v1i1.2>

- Bijker, W. E. (1995). *Of Bicycles, Bakelites, and Bulbs: Toward a Theory of Sociotechnical Change*. MIT Press.
- Bijker, W. E. (2010). How is technology made?--That is the question! *Cambridge Journal of Economics*, 34(1):63-76. <https://doi.org/10.1093/cje/bep068>
- Butcher, Neil; Kanwar, Asha y Uvalic-Trumbic, Stamenka (2015). Guía básica de recursos educativos abiertos (REA). París, Francia: *Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura* (UNESCO). <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000232986>
- Castells, M. (1999). *La Era de la Información. Economía, Sociedad y Cultura: La Sociedad Red*. (Vol. I). Estado de México: México: Siglo XXI.
- Clark, D. y Rosa, M. (2018). Developing a mathematical modelling course in a virtual learning environment. *ZDM Mathematics Education* 50(1-2):173-185. <https://doi.org/10.1007/s11858-018-0930-8>
- Comunidad GeoGebra Latinoamericana (2021). *Boletín GeoGebra - Marzo 2021 [Actividad GeoGebra]*. GeoGebra. <https://www.geogebra.org/m/qa5encsk>
- Contreras, P. (2003). *Me llamo Kohfam. Identidad de un hacker: una aproximación antropológica*. Barcelona: Editorial Gedisa S. A.
- Deschaine, M. E., y Sharma, S. A. (2015). The Five Cs of Digital Curation: Supporting Twenty-First-Century Teaching and Learning. *InSight: A Journal of Scholarly Teaching*, 10(1):19-24. <https://eric.ed.gov/?id=EJ1074044>
- Enrique, C. (2017). *Proyecto\_Física Clásica [Libro GeoGebra]*. GeoGebra. <https://www.geogebra.org/m/WgDuH8cQ>
- Farías, G. y Montoya, J. (2009). Gestión de un entorno virtual de aprendizaje para el desarrollo de competencias profesionales interculturales: una experiencia de educación superior entre México y España. *Apertura* 1(1):6-19. <http://www.udgvirtual.udg.mx/apertura/index.php/apertura/article/view/13>
- GeoGebra (2014). *Creating Dynamic Worksheets [video]*. YouTube. <https://youtu.be/LmEZ6syBZS8>
- GeoGebra [@GeoGebra] (2017, 20 de noviembre). *Find over 1 million free and interactive classroom resources on http://geogebra.org/materials. Search for a topic and share! #mtbos #iteachmath [Tweet]*. Twitter. <https://twitter.com/geogebra/status/932586021010714624>
- GeoGebra Classroom Activities y Hohenwarter, M. (2021). *Illustrative Math Curriculum - Free & Digital [Actividad GeoGebra]*. GeoGebra. <https://www.geogebra.org/im>
- GeoGebra Manual (2015). *The Dynamic Worksheet Editor [sitio web]*. GeoGebra. [https://wiki.geogebra.org/s/en/index.php?title=The\\_Dynamic\\_Worksheet\\_Editor&oldid=45361](https://wiki.geogebra.org/s/en/index.php?title=The_Dynamic_Worksheet_Editor&oldid=45361)
- GeoGebra Team (2019a). *Create a Dynamic Activity [Actividad GeoGebra]*. GeoGebra. <https://www.geogebra.org/m/rgecrznx#material/nhn3mxjm>
- GeoGebra Team (2019b). *Comparison of GeoGebra Math Apps [Actividad GeoGebra]*. <https://www.geogebra.org/m/shfwqcpr>
- GeoGebraWiki (2005). *GeoGebraWiki:About [sitio web]*. Internet Archive: Weyback Machine. <https://web.archive.org/web/20061213222942/http://www.geogebra.org/en/wiki/index.php/GeoGebraWiki:About>
- Hohenwarter, M. (2002). *GeoGebra - Ein Softwaresystem für dynamische Geometrie und Algebra der Ebene* (Español: GeoGebra - un software para la geometría dinámica y el álgebra en el plano). Tesis de maestría no publicada. Universidad de Salzburgo, Austria. <https://stage.geogebra.org/m/qe9dzbsm>
- Hohenwarter, M. (2006). *GeoGebra - didaktische Materialien und Anwendungen für den Mathematikunterricht* (Español: material educativo y aplicaciones para la enseñanza de las matemáticas). Tesis de doctorado no publicada. Universität Salzburg. <https://stage.geogebra.org/m/qe9dzbsm>

- Keller, C. (2005). Virtual learning environments: three implementation perspectives. *Learning, Media and Technology* 30(3):299-311. <https://doi.org/10.1080/17439880500250527>
- Klein, H. K. y Kleinman, D. L. (2002). The Social Construction of Technology: Structural Considerations. *Science, Technology and Human Values*, 27(1):28-52. <https://doi.org/10.1177/016224390202700102>
- Lameras, P., Levy, P., Paraskakis, I. y Webber, S. (2012). Blended university teaching using virtual learning environments: conceptions and approaches. *Instructional Science* 40(1):141-157. <https://doi.org/10.1007/s11251-011-9170-9>
- Lew, W. S. (2015a). *Chemistry Topics [Libro GeoGebra]*. GeoGebra. <https://www.geogebra.org/m/vntCrpmd>
- Lew, W. S. (2015b). *Science Applets [Libro GeoGebra]*. GeoGebra. <https://www.geogebra.org/m/g444wWSd>
- Lieban, D. (2015). *Reconstructing Da Vinci [Libro GeoGebra]*. GeoGebra. <https://www.geogebra.org/m/AnHK7nCX>
- Mendoza Pescador, F. (2017). Curaduría de contenidos o de Recursos Educativos. *Revista Mexicana de Bachillerato a Distancia*, 9(18):34-37. <https://doi.org/10.22201/cuaed.20074751e.2017.18.64928>
- Mueller, D. y Strohmeier, S. (2011). Design characteristics of virtual learning environments: state of research. *Computers & Education* 57(4):2505-2516. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2011.06.017>
- Mikropoulos, T. y Natsis, A. (2011). Educational virtual environments: A ten-year review of empirical research (1999-2009). *Computers & Education* 56(3):769-780. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2010.10.020>
- Pesare, E., Roselli, T. Rossano, V. y Di Bitonto (2015). Digitally enhanced assessment in virtual learning environments. *Journal of Visual Languages & Computing* 31B:252-259. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1045926X15000786>
- Peterson-Ahmad, M., Pemberton, J., y Hovey, K. (2018). Virtual Learning Environments for teacher preparation. *Kappa Delta Pi Record* 54(4):165-169. <https://doi.org/10.1080/00228958.2018.1515544>
- Pinch, T. (2015). La construcción social de la tecnología: una revisión. En: María Josefa Santos y Rodrigo Díaz Cruz (Eds.), *Innovación tecnológica y procesos culturales. Perspectivas teóricas*. México: Fondo de Cultura Económica.
- Reisoğlu, I., Topu, B., Yılmaz, R., Yılmaz, K. y Gökaş, Y. (2017). 3D virtual learning environments in education: a meta-review. *Asia Pacific Education Review* 18(1):81-100. <https://doi.org/10.1007/s12564-016-9467-0>
- Rubio-Pizzorno, S. (2016). *Libro 1 de los Elementos de Euclides [Libro GeoGebra]*. GeoGebra. <https://www.geogebra.org/m/XWuVsv5h>
- Rubio-Pizzorno, S. (2018). *Integración digital a la práctica del docente de geometría*. Tesis de Maestría no publicada. Ciudad de México, México: Centro de Investigaciones y de Estudios Avanzados (Cinvestav). <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.15488.94728/1>
- Rubio-Pizzorno, S. y Montiel, G. (2020). Ecosistemas Educativos Híbridos en la investigación en matemática educativa. En M. I. Basniak y S. Rubio-Pizzorno (Orgs.), *Perspectivas teórico-metodológicas em pesquisas que envolvem tecnologia na Educação Matemática: o GeoGebra em foco* (pp. 271-312). Pimenta Cultural. <https://doi.org/10.31560/pimentacultural/2020.472.271-312>
- Rubio-Pizzorno, S. (2020). Impulsando la Educación Abierta en Latinoamérica desde la Comunidad GeoGebra Latinoamericana. *Revista del Instituto GeoGebra de São Paulo*, 9(1):10-25. <https://doi.org/10.23925/2237-9657.2020.v9i1p10-25>
- Rubio-Pizzorno, S. (2021a). *Desarrollo cronológico de las Herramientas de Autor de GeoGebra [Datos]*. Figshare. <https://doi.org/10.6084/m9.figshare.14522382>

- Rubio-Pizzorno, S. (2021b). *¡Esto es GeoGebra Classroom! [Actividad GeoGebra]*. GeoGebra. <https://www.geogebra.org/m/hgbgpwub>
- Santos, M. J. y Díaz Cruz, R. (2015). Voces plurales en los estudios de tecnología y cultura: una introducción. En M. J. Santos y R. Díaz Cruz (Eds.), *Innovación tecnológica y procesos culturales. Perspectivas teóricas*, capítulo 1, pp. 9-17. Fondo de Cultura Económica, México.
- Shin, D., Bioca, F. y Choo, H. (2013). Exploring the user experience of three-dimensional virtual learning environments. *Behaviour & Information Technology* 32(2):203-214. <https://doi.org/10.1080/0144929X.2011.606334>
- Specht, Marcus. (2012). E-Learning Authoring Tools. En N. M. Seel (eds.) *Encyclopedia of the Sciences of Learning*, (pp. 1111-1113). [https://doi.org/10.1007/978-1-4419-1428-6\\_961](https://doi.org/10.1007/978-1-4419-1428-6_961)
- Urquidi, A. C., Calabor, M. S. y Tamarit, C. (2019). Entornos virtuales de aprendizaje: modelo ampliado de aceptación de la tecnología. *Revista Electrónica de Investigación Educativa*, 21(e22):1-12. <https://doi.org/10.24320/redie.2019.21.e22.1866>
- Wiley, D.; Bliss, T.L. y McEwen, M. (2014). Open Educational Resources: A Review of the Literature, En J. Michael Spector, M. David Merrill Jan Elen, M.J. Bishop (eds.). *Handbook of Research on Educational Communications and Technology* (pp. 781-789). New York: Springer Science+Business Media. <https://doi.org/10.1007/978-1-4614-3185-5>
- Yakel, E. (2007). Digital curation. *OCLC Systems & Services: International Digital Library Perspectives*, 23(4):335-340. <https://doi.org/10.1108/10650750710831466>